

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри

Войтік А.В.

“ ” 2023 р.

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

Перший (бакалаврський)
(освітній рівень)

на тему **«ОБҐРУНТУВАННЯ МАШИН І ПРОЕКТ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ**
ПРИ ВИРОЩУВАННІ КАРТОПЛІ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ РОЗКИДАЧА
МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ РУМ-5»

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-ім

Спеціальність 208

«Агроінженерія»

Склярук М.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Войтік А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Гайдай І.В.

(прізвище та ініціали)

Умань – 2023

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень _____ бакалавр _____
Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія» _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Войтік А.В.
_____ “__” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Скляруку Максиму Андріовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Обґрунтування машин і проект їх використання при вирощуванні картоплі з модернізацією розкидача мінеральних добрив РУМ-5»

керівник проекту Войтік А.В., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 12 ” травня _____ 20 23 р. № 01-06/95

2. Строк подання студентом проекту _____ 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту: звіти про виробничу діяльність господарства; виробничий процес – вирощування картоплі; технологічний процес – внесення гранульованих мінеральних добрив; машина – розкидач мінеральних добрив.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Технологія вирощування картоплі; розрахунок потреби в тракторах і сільськогосподарських машинах; розрахунок операційної технології внесення добрив; конструктивне вдоксоалення розкидача добрив; питання охорони праці; економічне обґрунтування проекту.

5. Перелік графічного матеріалу (4-8 слайдів):

Характеристика господарства; склад МТП; загальний вигляд розкидача добрив; схеми розрахунків на міцність; економічні показники.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		
Економічне обґрунтування проекту	Войтік А.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 22 вересня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	08.11.2022 р.	
2.	Підготовка розділу 1	15.12.2022 р.	
3.	Підготовка розділу 2	22.01.2023 р.	
4.	Підготовка розділу 3	29.03.2023 р.	
6.	Підготовка розділу 4	27.04.2023 р.	
7.	Підготовка розділу 5	10.05.2023 р.	
8.	Виконання графічної частини проекту:	20.05.2023 р.	
	– Представлення проекту керівнику на перевірку	01.06.2023 р.	

Студент _____
(підпис)

Склярук М.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____
(підпис)

Войтік А.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Склярук М.А. Обґрунтування машин і проект їх використання при вирощуванні картоплі з модернізацією розкидача мінеральних добрив РУМ-5 (Дипломний проект, Уманський національний університет садівництва, 2023: 39 с.).

Об'єкт розробки – механізована технологія внесення мінеральних добрив.

Мета роботи – планування тракторних робіт по вирощуванню картоплі з розробкою операційної технології внесення мінеральних добрив та конструктивним вдосконаленням розкидача РУМ-5 з метою підвищення якості виконання операції.

Розглянуто загальну характеристику агротехніки вирощування картоплі. Розглянуто і обґрунтовано набір машин для вирощування картоплі. Обґрунтовано необхідність переобладнання розкидача мінеральних добрив РУМ-5. Обґрунтовано і розраховано модернізований розкидач мінеральних добрив. Розроблена операційна технологія внесення мінеральних добрив при вирощуванні картоплі. Дано рекомендації по покращенню стану охорони праці на операцію внесення мінеральних добрив. Проведено розрахунок економічної ефективності проекту.

Ключові слова: ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ, ТРАКТОР, РОЗКИДАЧ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

	Стор
Вступ	5
1 Технологічна частина	7
1.1 Механізований технологічний процес виробництва кукурудзи на зерно	7
1.2 Операційна технологія внесення мінеральних добрив при вирощуванні кукурудзи на зерно	14
2 Конструктивна частина	22
2.1 Обґрунтування необхідності переобладнання розкидача РУМ-5	22
2.2 Стан механізації поверхневого внесення мінеральних добрив	22
2.3 Опис удосконаленого розкидача мінеральних добрив	24
2.4 Технологічні та конструктивні розрахунки розкидача РУМ-5	25
4 Охорона праці	32
5 Економічна частина	35
Висновки	42
Список використаних джерел	43

ВСТУП

Картопля – одне з найважливіших джерел живлення для людини і харчів для тварин, а також сировина для промисловості. Великого значення картопля набула в Росії, Білорусії, Україні та інших країнах СНД.

На сьогодні картопля займає п'яте місце серед джерел енергії в харчуванні людини після пшениці, кукурудзи, рису і ячменю. У бульбах картоплі містяться важливі для людини і тварин поживні речовини. Значення картоплі в харчуванні людини обумовлено вмістом у ній крохмалю, протеїну, вітамінів і мінеральних речовин.

Можна вважати, що більше 50% світового виробництва картоплі йде безпосередньо до або після переробки на харчування людей, 30% - на годівлю тварин, 3...4% - для отримання крохмалю і спирту, і приблизно 10% - на насіннєвий матеріал.

Найбільш великі виробники картоплі – Росія, Україна, Білорусія, Польща, Китай. Площі картоплі у світі зросли з 15,5млн.га (1909-1913рр.), 18,4млн.га (1922-1928рр.), 22,2млн.га (1934-1938рр.), 34,2млн.га (1945-1949рр.). пізніше вони скорочувались і у 1990р. вони становили 17,8млн.га.

Обґрунтовуючи актуальність даної теми можна сказати, що вирощування картоплі економічно вигідно. Низькі вимоги картоплі до попередників, широкий діапазон сортів, завдяки яким є можливість пристосовуватись до різних умов вирощування, дозволяє включати картоплю у різні сівозміни. Як попередник вона сприяє підвищенню врожайності зернових. З точки зору сезонного використання робочої сили картопля доповнює вирощування зернових і цукрового буряка. Картопля інтенсивно споживає поживні речовини орного шару ґрунту, що запобігає їх вимиванню з ґрунту. Для економічної ефективності вирощування картоплі необхідна висока культура землеробства.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Механізований технологічний процес виробництва картоплі

Місце в сівозміні

Картопля потребує родючих, розпушених, чистих від бур'янів, добре забезпечених вологою ґрунтів. Ці фактори визначають вибір попередників під картоплю і місце її в сівозміні.

Добрими попередниками картоплі є культури, які дають значну кількість рослинних решток, сприяють очищенню полів від бур'янів, запобігають нагромадженню у ґрунті і розмноженню шкідників та збудників грибкових та бактеріальних хвороб. До таких попередників належать багаторічні трави, озимі зернові, зернобобові та бобові культури.

У Лісостепу картоплю здебільшого розміщують після озимої пшениці.

Система удобрення картоплі

За сприятливих умов вирощування картопля може нагромадити високий урожай, для створення якого потрібна велика кількість поживних речовин.

Для вирощування високого врожаю картоплі велике значення мають органічні добрива, в яких містяться всі елементи мінерального живлення рослин, а також корисні мікроорганізми і біологічно активні сполуки. Найціннішим органічним добривом є гній. Картопля позитивно реагує на підвищенні норми внесення гною на всіх мінеральних ґрунтах. Під картоплю вносять напівперепрілий гній, який дозріває протягом 3...5 місяців при холодному способі зберігання. Оптимальна норма внесення гною під картоплю в Лісостепу становить 30...40 т/га. Причому гній можна вносити під попередник або безпосередньо під картоплю.

Інколи під картоплю вносять компости. Найбільш поширені з них торфогноєві.

На сірих лісових ґрунтах Лісостепу досить ефективні зелені добрива – люпин, озиме жито, ріпак та інші, які забезпечують урожайність 180...160 ц/га бульб, що практично прирівнюється до ефективності 30 т/га якісних торфогнойових компостів.

На відміну від органічних добрив з мінеральних добрив картопля може засвоювати поживні речовини у достатніх кількостях як на початку вегетації, так і в період максимального росту і розвитку рослин. Ефективність мінеральних добрив залежить від типу ґрунту, погодних умов, сорту картоплі, ступеня окультуреності ґрунту тощо.

Високопродуктивні сорти Гатчинська, Бородянська, Поліська рожева та деякі інші максимальні прирости врожаю забезпечують при внесенні мінеральних добрив у нормах: азоту 90...120, фосфору 90, калію 120...150 кг/га діючої речовини.

На ґрунтах з підвищеною кислотністю кращими є лужні форми добрив (ціанамід калію, натрієва і кальцієва селітри); на слабокислих і нейтральних ґрунтах – фізіологічно кислі форми (сульфат амонію, сечовина, аміачна селітра, аміачна вода). В зоні Лісостепу фосфорні і калійні добрива під картоплю вносять восени, азотні – навесні.

У підвищенні врожаю картоплі певну позитивну роль відіграють мікроелементи (бор, мідь, марганець, цинк, молібден і т.д.), які можна вносити в ґрунт разом з мінеральними добривами, обробляти бульби розчином мікродобрив або обприскувати рослини в період вегетації під час боротьби з хворобами та шкідниками.

Підготовка ґрунту під картоплю в Лісостепу

Картопля вимоглива до глибини обробітку ґрунту. Розвиток її залежить від розпушеності, провітрюваності і вологості орного шару. В глибокому орному шарі створюються кращі умови для життєдіяльності корисних бактерій, які перетворюють органічні речовини у мінеральні форми, легкодоступні для засвоєння рослинами.

У Лісостепу основні операції по внесенню добрив та підготовці ґрунту під картоплю потрібно виконувати з осені, тому що це дає змогу нагромадити і зберегти вологу в ґрунті. Тому в Лісостепу зяблева оранка під картоплю є обов'язковим агротехнічним заходом. Орють на зяб плугами з передплужниками в агрегаті з кільчасто-шпоровими котками або важкими бородами на глибину 25...30 см. Після оранки площу обробляють культиваторами для суцільного обробітку ґрунту в два сліди.

Гребені в Лісостепу нарізають з осені. Це сприяє поліпшенню фізичного стану ґрунту. Під дією вологи та періодичного промерзання ґрунту взимку відбувається кришення грудок. Крім того, застосування такої технології підготовки ґрунту дає змогу зменшити обсяг робіт навесні, провести їх в оптимальні агротехнічні строки, а головне забезпечити комбайнове збирання картоплі.

Нарізають гребені культиваторами КРН-4,2, КРН-5,6, обладнаних лапами-підгортачами, висотою 18...20 см. краще культиватори агрегатувати з трактором Т-70С. Це забезпечує потрібну прямолінійність гребенів, зменшує буксування.

Основним у підготовці ґрунту перед садінням є створення розпушеного орного шару ґрунту. А тому там де гребені нарізалися з осені, до садіння ґрунт обробляють просапними культиваторами КОН-2,8ПМ, КРН-4,2Г, обладнаними ротаційними борінками БРУ-0,7 та дисковими робочими органами. Мета такого обробітку – підправити гребені, знищити сходи бур'янів, що проросли, розпушити верхній шар ґрунту.

Підготовка насінного матеріалу

Підготовка бульб до садіння – складова технології вирощування картоплі. У процесі підготовки насінного матеріалу, крім обов'язкового відбирання уражених хворобами й пошкоджених бульб, всю картоплю розділяють на три фракції: до 50 г – дрібну, 60...80 - середню і понад 80 г - велику. Для цього використовують сортувальні машини КСП-15Б, КСП-25. Найкращими для садіння є бульби середньої фракції.

Для найраціональнішого використання садивного матеріалу, зокрема сортів, які утворюють великі бульби, їх ріжуть. Насінні бульби понад 50 г можна різати на дві, а 80...150 г – на 3...4 частини. Для швидкого загоювання ран різаних насінних бульб необхідно створити оптимальні умови зберігання (температура 15...20 °С, відносна вологість 95...97 %, достатня забезпеченість киснем). Якщо є змога створити такі умови зберігання, насінні бульби можна різати завчасно. Порушення технології зберігання завчасно різаних бульб призводить до масового їх загнивання. Тому там, де неможливо створити умови для завчасного різання насінного матеріалу, різати бульби слід не раніше як за три дні до садіння.

Садіння картоплі

Садіння картоплі є найвідповідальнішим технологічним процесом вирощування картоплі, оскільки допущені при садінні недоліки виправити неможливо.

Оптимальні строки садіння картоплі настають тоді, коли температура ґрунту на глибині 10 см досягне 6...8 градусів за Цельсієм та ґрунт набере фізичної спілості.

Важливою умовою вирощування високих врожаїв картоплі є дотримання оптимальної густоти на період збирання. В Лісостепу вона має становити 50 тис. кущів для продовольчої та 55 тис. для насінної картоплі.

Враховуючи те, що схожість картоплі становить близько 90 %, а протягом вегетації випадає 3...5 тис. рослин на 1 га, кількість висаджуваних бульб збільшують на 10...15 % відносно рекомендованої густоти насаджень.

У Лісостепу бульби висаджують на глибину 6...8 см у гребені, нарізані з осені.

Догляд за посівами

Догляд за картоплею полягає в повному знищенні бур'янів, створенні оптимальних умов для формування врожаю та забезпечення високоякісної роботи збиральних машин.

На догляді за посівами картоплі використовують культиватори КОН-2,8ПМ, КОН-2,8А, КРН-4,2, обладнані сітчастими або ротаційними боронами.

Перший до сходовий обробіток – підгортання або культивацію одночасно з боронуванням – проводять через 7...10 днів після садіння. Вдруге посіви обробляють через тиждень. До з'явлення сходів залежно від погодних умов і стану

грунту проводять 2...3, а після з'явлення – 1...2 міжрядних обробітки.

Перший обробіток ґрунту проводять на глибину 10...12 см, а наступні – до 16...18 см.

На площах, де бульби висаджені мілко, щоб уникнути їх вигортання при боронуванні, під час першого до сходового обробітку нарошують гребені.

Коли рослини досягнуть висоти 10...12 см, проводять перше після сходове розпушування міжрядь на глибину 13...15 см.

Підгортають рослини у фазі бутонізації, коли вони досягнуть висоти 20...25 см. для цього використовують лапу – підгортач. Глибина розпушування 13...15 см.

Значної шкоди картоплярству завдає фітофтора та колорадський жук. За період вегетації слід провести декілька обробок рослин інсектофунгіцидами. Перший раз посіви картоплі проти колорадського жука обприскують при масовому з'явленні личинок другого віку. Вдруге проводять сумісне обприскування проти фітофтори і колорадського жука. Проти фітофтори застосовують каптан, купрозан, цинеб. Наступні обприскування проводять з інтервалом 10...12 днів.

Збирання картоплі

Строки збирання залежать від сорту, зони вирощування та призначення посівів. Збирають картоплю при повному достиганні, про що свідчить початок відмирання картоплиння. Стиглі бульби менш чутливі до пошкодження та ударів, краще зберігаються.

Після достигання бульб врожайність їх при перебуванні у ґрунті протягом 20...25 днів зменшується неістотно. При тривалому перебуванні бульб у ґрунті збільшується ураженість хворобами та пошкодження шкідниками, що призводить до погіршення якості і збільшення відходів під час зберігання.

Поле під картоплею до збирання готують заздалегідь. Обов'язковим агротехнічним прийомом, що поліпшує умови роботи при збиранні є попереднє знищення картоплиння. На посівах продовольчої картоплі за 2...3 дні до збирання його скошують. На насінних ділянках це роблять за 12...15 днів до збирання. На важких та запливаючих ґрунтах, особливо у вологі роки, перед збиранням міжряддя розпушують стрілочастими лапами на глибину залягання бульб, що посилює аерацію, прискорює їх достигання та полегшує роботу комбайнів.

Збирання картоплі треба організовувати так, щоб закінчити його за 20...25 днів з моментом нагромадження сортом максимального врожаю та відмирання картоплиння.

При механізованому збиранні при температурі нижче 6...7 °С різко збільшується пошкодження бульб, а тому збиральні роботи необхідно організовувати так, щоб закінчити процес збирання до набуття ґрунтом зазначеної температури.

1.2 Операційна технологія внесення мінеральних добрив при вирощуванні кукурудзи на зерно

Ефективність використання засобів механізації, які беруть участь у технологічному процесі внесення мінеральних добрив, у значній мірі залежить від виконання ними агротехнічних вимог.

Вносити мінеральні добрива необхідно в агротехнічні строки, дотримуючись встановлених норм, рівномірно розподіляти добрива по всій площі поля. Норми внесення добрив встановлюють в агротехнічних лабораторіях для кожного поля за даними картограм, величини запланованого урожаю і наявності добрив.

Нерівномірність розподілення при поверхневому внесенні мінеральних добрив по всій площі поля не повинна перевищувати 25% для кузовних машин і 15% - для тукових сівалок.

Суміжні проходи агрегату повинні бути рівні робочій ширині його захвату. Це забезпечує правильне їх перекриття. Перекриття у стикових проходах не повинно перевищувати 5% від ширини захвату. Розриви між суміжними проходами машин і необроблені ділянки поля не допускаються.

Поворотні смуги засівають добривами з тією нормою висіву, що і основне поле.

Вологість внесених мінеральних добрив повинна забезпечити нормальну роботу нормуючих пристроїв. Максимальне відхилення вологості від стандартної – не більше 20%.

Розрахунок деталей

Розрахунок основних елементів бункера

Ємність бункера машини визначається за формулою:

$$V = \frac{G}{\gamma_{cp}}, \quad (1.1)$$

де G – вантажопідйомність машини; $G = 6\text{ т}$,

γ_{cp} – середня об'ємна маса добрив, $\gamma_{cp} = 1,15 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$

$$V = \frac{6}{1.15} = 5.24 \text{ м}^3.$$

Приймаємо форму бункера розкидача у вигляді зрізаної піраміди, як найбільш розповсюджену на серійних машинах.

Така форма зменшує скупчення добрив у кутках бункера і знижує навантажувальну висоту машини. З метою запобігання скупченню добрив у бункері

кут нахилу стінок бункера до горизонту повинен бути більшим за кут природного нахилу добрив, який рівний $\alpha = 40...45^\circ$. Приймаємо $\alpha = 50^\circ$.

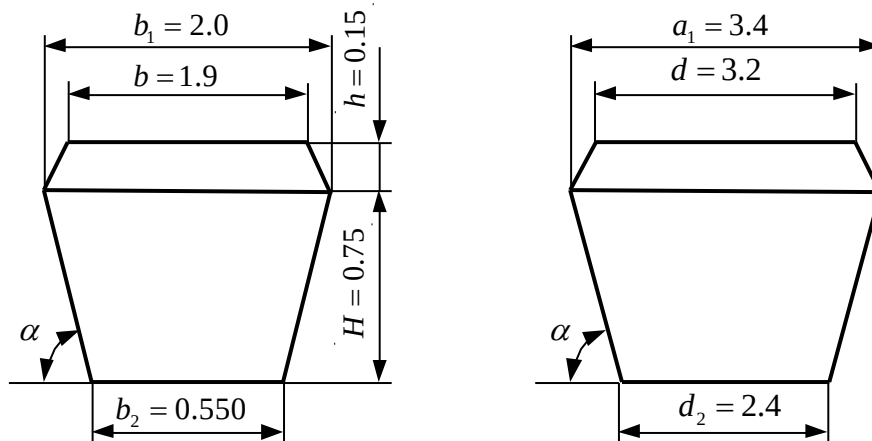


Рисунок 1.1 – Розрахункова схема бункера машини.

Об'єм бункера визначаємо за формулою:

$$V = \frac{H}{6} * [(2 * a + a_1) * (b + b_1)] + \frac{h}{6} * [(2 * a + a_2) * (b + b_2)], \quad (1.2)$$

де H – висота бункера, м;

h – висота борта, м;

b_1 – найбільша ширина верхньої частини бункера, м;

b – ширина бортів, м;

b_2 – ширина нижньої частини бункера, м;

a_1 – довжина верхньої частини бункера, м;

a – довжина бортів, м;

a_2 – довжина нижньої частини бункера, м.

$$V = \frac{0.75}{6} * [(2 * 3.2 + 3.4) * (1.9 + 2.0)] + \frac{0.15}{6} * [(2 * 3.2 + 2.5) * (1.9 + 0.55)] = 5.31 \text{ м}^3.$$

Вибір параметрів вентилятора

Згідно даних оптимальними параметрами і режимами пневматичного апарату є:

Діаметр пневмопривода, $d = 0.2 \text{ м}$.

Швидкість повітря у пневмопривода, $V = 40 \text{ м/с}$.

Розрахункові коефіцієнти: коефіцієнт розгону матеріалу $\beta = 1.2$,

Коефіцієнт пневмотранспорту $k = 1.3$.

Основою розрахунку пневмотранспортної системи є визначення оптимальних параметрів вентилятора, головними з яких є витрата повітря і тиск [24].

Витрата повітря визначається за формулою:

$$Q_{\text{в}} = V * \frac{\pi * d^2}{4}, \quad (1.3)$$

$$Q_{\text{в}} = 40 * \frac{3,14 * 0,2^2}{4} = 1,26 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Напір, який створює вентилятор, повинен компенсувати втрати тиску на вихід аеросуміші у атмосферу.

Втрата статистичного тиску складається із втрат при переміщенні чистого повітря (ділянка від перерізу 1-1 (рис.2) до 4-4) і втрат при русі аеросуміші (ділянка від перерізу 4-4 до 6-6).

Розрахунок виконуємо для найбільш несприятливого випадку (дальньої ділянки виходу аеросуміші).

Визначаємо масову концентрацію аеросуміші при пневмотранспортуванні.

$$\mu = \frac{G_{\text{м}}}{G_{\text{в}}}, \quad (1.4)$$

де μ – масова витратна концентрація аеросуміші, кг/кг;

$G_{\text{м}}$ – масова витратна концентрація матеріалу, $G_{\text{м}} = 2,78 \text{ кг} / \text{с}$;

$G_{\text{в}}$ – масова витратна концентрація повітря, кг/с.

$$G_{\text{в}} = Q_{\text{в}} * \rho, \quad (1.5)$$

$$G_{\text{в}} = 1,26 * 1,2 = 1,51 \text{ кг} / \text{с},$$

де ρ – щільність повітря, $\text{кг} / \text{м}^3$, $\rho = 1,2 \text{ кг} / \text{м}^3$.

Тоді:

$$\mu = \frac{2,78}{1,51} = 1,84 \text{ кг} / \text{кг}.$$

На рис.2 зображуємо ділянку пневмопривода, яка з'єднує вентилятор з найбільш віддаленою точкою розсіювання.

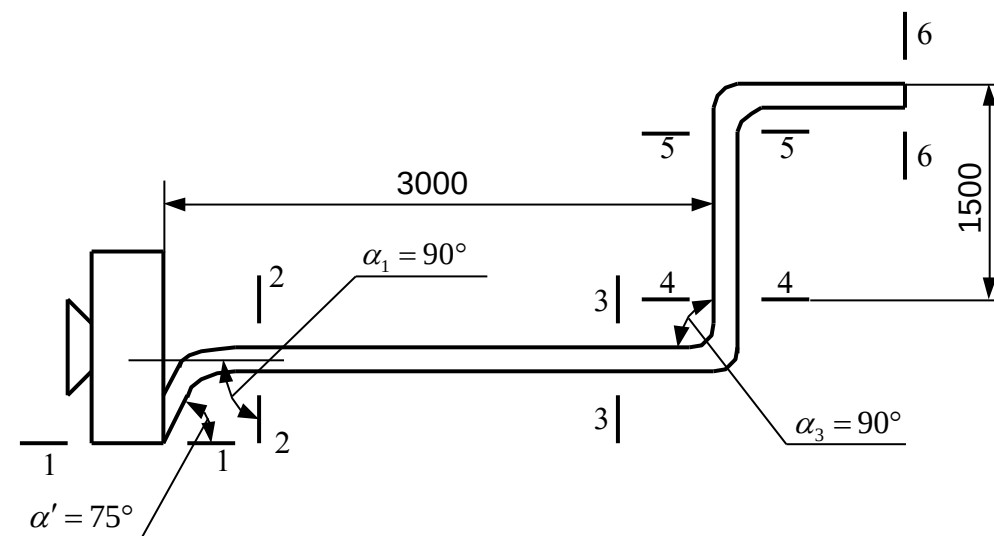


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема пневмотраси

Втрата тиску ΔP_1 для чистого повітря рівна:

$$\Delta P_1 = \sum_1^n \left(l * \frac{\lambda}{D} + \sum_1^n \xi \right) * \frac{\rho * V_{\epsilon}^2}{2}, \quad (1.6)$$

де n – число ділянок пневмопривода і місцевих опорів;

l – довжина ділянки від вентилятора то листа подачі матеріалу у пневмопривід, м;

λ – коефіцієнт тертя повітря по залізу, $\lambda = 0.02$;

ξ – коефіцієнт місцевих опорів (наприклад: звуження і т.д.), $\xi = 1.45$.

$$\Delta P_1 = \left[(3+1) * \frac{0.02}{0.2} + 1.45 \right] * \frac{1.2 * 40^2}{2} = 1776 H / m^2.$$

Для ділянки пневмопривода, де рухається суміш матеріалу з повітрям (від 4-4 до 6-6), втрати тиску складаються із втрат тиску на розгін матеріалу, на переміщення аеросуміші і на вихід потоку із пневмопривода у атмосферу.

Втрати тиску на розгін матеріалу визначається за формулою:

$$\Delta P_2 = \beta * \mu * \frac{P_{\epsilon} * V_{\epsilon}}{2 * \eta_{np}}, \quad (1.7)$$

де η_{np} – ККД ежекторного приймача у місці введення матеріалу;

β – коефіцієнт опору у місці введення матеріалу.

$$\Delta P_2 = 1.2 * 1.84 * \frac{1.2 * 40^2}{2 * 0.6} = 3533 H / m^2.$$

Втрати тиску на переміщення аеросуміші по пневмопривода буде рівна:

$$\Delta P_3 = (1 + K * \mu) * l * \frac{\lambda}{D} * \frac{\rho_{\epsilon} * V_{\epsilon}^2}{2}, \quad (1.8)$$

де K – коефіцієнт переміщення аеросуміші;

D – діаметр пневмопривода, м.

$$\Delta P_3 = (1 + 1.3 * 1.84) * 4 * \frac{0.02}{0.2} * \frac{1.2 * 40^2}{2} = 1302 H / m^2.$$

Втрати тиску на вихід потоку в атмосферу рівна динамічному напору у вихідному перерізі.

$$\Delta P_4 = \frac{\rho_{\epsilon} * V_{\epsilon}^2}{2}, \quad (1.9)$$

$$\Delta P_4 = \frac{1.2 * 40^2}{2} = 960 H / m^2.$$

Сумарні втрати будуть рівні:

$$P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4, \quad (1.10)$$

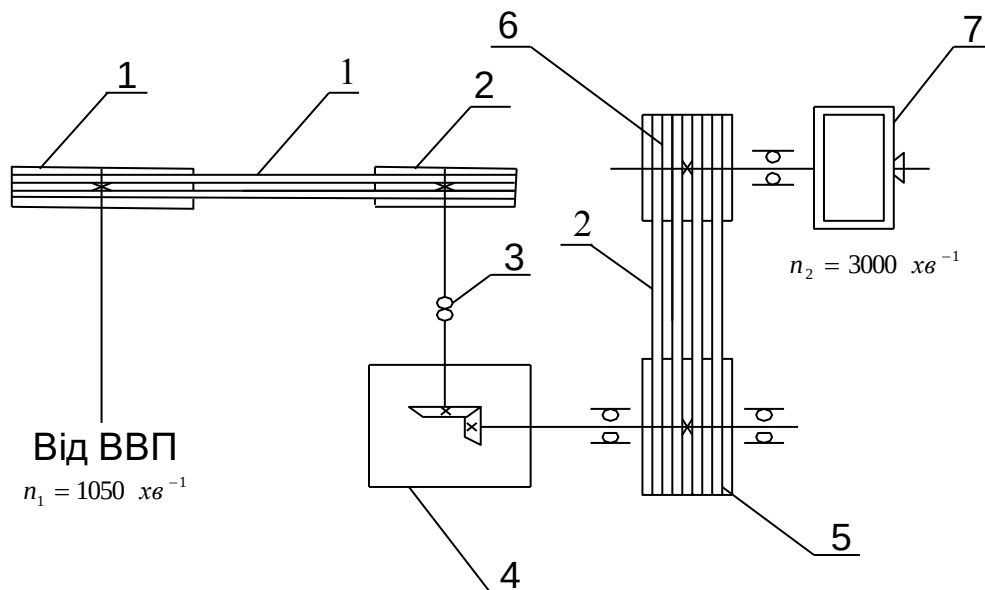
$$P = 1176 + 3533 + 1302 + 960 = 7571 H / m^2$$

За отриманим тиском і витратою повітря вибираємо вентилятор ОТН – 186 №8, який працює в режимі $n=3000 \text{ хв}^{-1}$ і ККД вентилятора $\eta_{\text{вент.}} = 0,7$. Потужність, яка споживається вентилятором дорівнює:

$$N = \frac{G_v * P}{100.0 * \eta_{\text{вент.}}}, \quad (1.11)$$

$$N = \frac{151 * 7571}{100.0 * 0.7} = 16300 \text{ Вт} = 16,3 \text{ кВт}.$$

Проведемо розрахунок привода вентилятора. Для привода вентилятора приймаємо наступну кінематичну схему:



1 – ведучий шків, 2 – ведений шків, 3 – проміжний вал, 4 – редуктор, 5 – ведучий шків, 6 – ведений шків, 7 – вентилятор.

Рисунок 1.3 – Схема привода вентилятора

Привід вентилятора здійснюється від ВВП трактора через клинопасову передачу, проміжний вал, редуктор.

Виходячи із технологічного розрахунку частота обертання ротора вентилятора $n_1 = 3000 \text{ хв}^{-1}$ і частота обертання ВВП $n_2 = 1050 \text{ хв}^{-1}$.

Виходячи із конструктивних міркувань приймаємо клинопасову передачу з передаточним числом $i_1 = 1$, а редуктор з передаточним числом $i_2 = 1$.

Необхідне передаточне число всього приводу вентилятора

$$u = \frac{3000}{1050} = 2.86.$$

Тоді, передаточне відношення другої клинопасової передачі також рівне $u = 2.86$.

Прийнявши діаметр веденого шківа ротора вентилятора $d_1 = 100 \text{ мм}$, визначаємо діаметр ведучого шківа:

$$d_2 = d_1 * u_{кл} * (1 - \varepsilon), \quad (1.12)$$

$$d_2 = 1000 * 2.86 * (1 - 0.02) = 228.8 \text{ мм}.$$

Приймаємо $d_2 = 230 \text{ мм}$.

Враховуючи передаточне відношення ($u = 2.86$) і частоту обертання валу вентилятора ($n = 3000 \text{ хв}^{-1}$), приймаємо передачу привода вентилятора через клиновий пас.

Виходячи із змінної потужності на валу вентилятора ($N = 4.62 \text{ кВт}$) приймаємо клиновий пас типу Б. Діаметр меншого (веденого шківів) - $d = 100 \text{ мм}$.

Тоді, лінійна швидкість паса буде рівна:

$$V = \omega * R = \frac{\pi * d * n}{60}, \quad (1.13)$$

де ω – кутова швидкість.

$$\omega = \frac{\pi * d * n}{60}, \quad (1.14)$$

$$V = \frac{3.14 * 0.1 * 3000}{60} = 15.7 \text{ м/с}.$$

При такій лінійній швидкості один пас може передати $\approx 1.5 \text{ кВт}$.

Отже, необхідна кількість пасів повинна бути:

$$m = \frac{4.62}{1.5} = 3.1.$$

Приймаємо для надійності 4 паси.

Розрахунок на міцність проміжної ланцюгової передачі

На роботу здатність ланцюга у більшій мірі впливає частота ударів її ланок. За один прохід ланцюга по контуру кожна ланка ланцюга піддається ударами чотири рази [25].

Два удари відбувається по зубцям ведучої і веденої зірочки в момент входження у западину зуба і два удари як результат центрального удару наступної ланки, яка входить у зачеплення із зубцями зірочки.

Найбільшого значення досягає удар ланки по зубові ведучої зірочки збоку ведучої ланки. Число ударів ланки в секунду визначаємо за формулою:

$$\nu = \frac{2 * z_1 * \omega_1}{\pi * L_t} \leq [\nu], \quad (1.15)$$

де z_1 – кількість зубів ведучої зірочки, $z_1 = 12$;

ω_1 – колова швидкість зірочки, $\omega_1 = 0.93 \text{ рад/с}$;

L_t – довжина ланцюга, $L_t = 120\text{мм}$.

Допустима кількість числа ударів ланки ланцюга в секунду визначається в залежності від кроку ланцюга. Для кроку 25,4мм допустима кількість числа ударів ланки дорівнює 30 ударів.

$$\nu = \frac{2 * 12 * 0.93}{3.14 * 120} = 0.3.$$

Умова $\nu \leq [\nu]$ виконується.

Визначимо зусилля дії в ланках ланцюга, і сили тиску на вал.

Колова сила визначається за формулою:

$$F_t = \frac{1000 * P}{V}, \quad (1.16)$$

де P – потужність, яка передається передачею, $P = 0.4\text{кВт}$;

V – швидкість руху ланцюга, $V = 0.08\text{м/с}$.

$$F_t = \frac{1000 * 0.4}{0.08} = 5500\text{Н}.$$

Визначаємо силу натягу ланцюга від провисання:

$$F_q = K_f * q * a * g, \quad (1.17)$$

де K_f – коефіцієнт провідності, вибирається в залежності від кута нахилу ланцюга до горизонту. Приймаємо $K_f = 2$.

q – погонна маса ланцюга, $q = 2.6\text{кг/м}$;

a – між осьова відстань, $a = 0.68\text{м}$

$$F_q = 2 * 2.6 * 0.68 * 9.8 = 34.3\text{Н}.$$

Сила натягу ланцюга під дією центр обіжної сили рівна:

$$F_u = q * V^2, \quad (1.18)$$

$$F_u = 2.6 * 0.08^2 = 0.01\text{Н}.$$

Визначаємо загальне зусилля у ведучій ланці ланцюга:

$$F_{заг.1} = F_t * K + F_q + F_u, \quad (1.19)$$

$$F_{заг.1} = 5500 * 1.25 + 34.3 + 0.01 = 6634.31\text{Н}.$$

Загальне зусилля у веденій ланці ланцюга рівне:

$$F_{заг.2} = F_q + F_u, \quad (1.20)$$

$$F_{заг.2} = 34.3 + 0.01 = 34.31\text{Н}.$$

Зусилля, яке діє на вал ведучої і веденої зірочки:

$$F_{10} = F_t * K_D + 2F_q, \quad (1.21)$$

де K_D – динамічний коефіцієнт;

$$F_{10} = 5500 * 1.25 + 2 * 34.3 = 6668.6 \text{ Н}.$$

Приведемо схему сил:

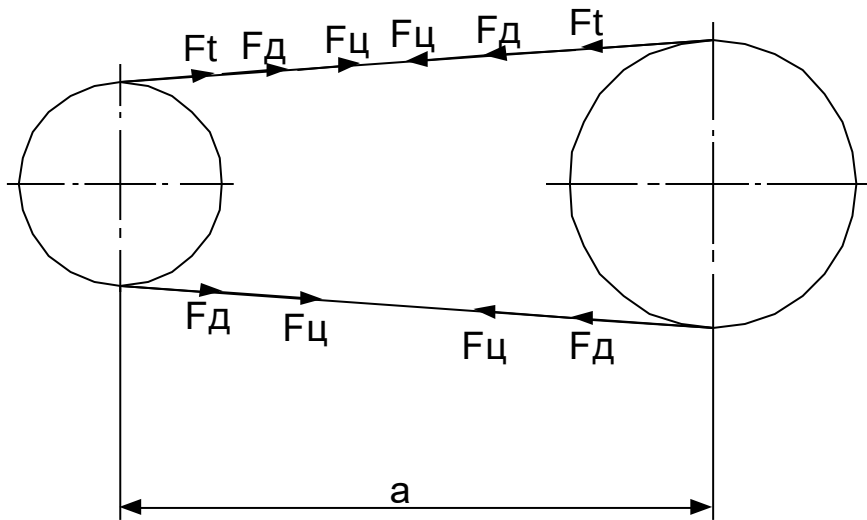


Рисунок 1.4 – Схема сил

Проведемо перевірку ланцюга по питомому тиску у шарнірах:

$$P = \frac{F_t * K_{\text{э}}}{\rho * m_p * 10^2} \leq [P], \quad (1.22)$$

де ρ – проекція опорної поверхні шарніра однорядного ланцюга, $\rho = 1.79 \text{ см}^2$;

$[P]$ – допустимий питомий (опір) тиск в шарнірах ланцюга.

Допустиме перевантаження до 5%.

$$P = \frac{5500 * 1.4}{1.79 * 1 * 10^2} = 36 \text{ Па}$$

Перевантаження 3%, що допустимо.

Запас міцності ланцюга визначаємо за формулою:

$$S = \frac{Q}{P_{\text{заг.1}}} \leq [S], \quad (1.23)$$

де $[S]$ – додатковий запас міцності ланцюга;

Q – руйнуюче навантаження на ланцюг, $Q = 60 \text{ кН}$.

$$S = \frac{60}{6.634} \approx 10.$$

Це значення задовольняє умову $S \leq [S]$. Отже, вибраний нами ланцюг підходить для даних умов роботи.

Розрахунок на міцність вала

Запишемо значення сил, які діють на шестерню:

$$T_M = P_M * \operatorname{tg} \alpha * \cos \varphi_M, \quad (1.24)$$

$$P_{oc.c} = P_M * \operatorname{tg} \alpha * \sin \varphi_M, \quad (1.25)$$

$$P_M = \frac{2 * 716200 * N}{d_{cp.m} * n_M}, \quad (1.26)$$

де T_M – радіальна сила;

$P_{oc.c}$ – осьова сила;

P_M – колова сила;

$\operatorname{tg} \alpha$ – кут евольвентного зачеплення, $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 20^\circ = 0.364$;

φ_M – кут при вершині нагального конуса шестерні;

$$\varphi_M = \operatorname{arctg} \frac{1}{i}, \quad (1.27)$$

i – передаточне число редуктора, $i = 1$.

$$\varphi_M = \operatorname{arctg} 1 = 45^\circ$$

N – потужність яка передається редуктором;

$d_{cp.m}$ – середній діаметр шестерні, $d_{cp.m} = 80 \text{ мм}$;

$n_{ш}$ – число обертів вала шестерні, $n_{ш} = 1050 \text{ об/хв}$.

$$P_{ш} = \frac{2 * 716200 * 7}{80 * 1050} = 120 \text{ кВт} = 1200 \text{ Н}$$

$$T_{ш} = 1200 \operatorname{tg} 20^\circ * \cos 45^\circ = 1200 * 0.36 * 0.7 = 302.4 \text{ Н}$$

$$P_{oc.ш.} = 1200 * \operatorname{tg} 20^\circ * \sin 45^\circ = 1200 * 0.36 * 0.7 = 302.4 \text{ Н}$$

Визначаємо реакції в опорах.

Фронтальна площина.

$$\sum M_b = b * R_A^\phi - \frac{d_{cp.ш.}}{2} * P_{oc.ш.} + (a + b) * T_{ш.} = 0$$

$$\sum M_A = -b * R_B^\phi + a * T_{ш.} - \frac{d_{cp.ш.}}{2} * P_{oc.ш.} = 0$$

$$R_A^\phi = \frac{\frac{d_{cp.ш.}}{2} * P_{oc.ш.} - (a + b) * T_{ш.}}{b} = \frac{\frac{0.08}{2} * 302.4 - (0.06 + 0.1) * 302.4}{0.1} = -362.8 \text{ Н}$$

$$R_B^\phi = \frac{a * T_{ш.} - \frac{d_{cp.ш.}}{2} * P_{oc.ш.}}{b} = \frac{0.06 * 302.4 - \frac{0.08}{2} * 302.4}{0.1} = 60.4 \text{ Н}.$$

Перевірка:

$$R_B^\phi + R_A^\phi + T_{ш.} = 60.4 - 362.8 + 302.4 = 0.$$

Горизонтальна площина.

$$\sum M_A = -a * P_{ш.} - b * R_B^r$$

$$\sum M_B = -(a+b) * P_{ш.} + b * R_A^r = 0$$

$$R_B^r = \frac{-a * P_{ш.}}{b} = \frac{-0.06 * 1200}{0.1} = -720H$$

$$R_A^r = \frac{(a+b) * P_{ш.}}{b} = \frac{(0.06+0.1) * 1200}{0.1} = 1920H$$

Перевірка:

$$R_B^r + R_A^r - P_{ш.} = -720 + 1920 - 1200 = 0.$$

Визначення результуючих реакцій в опорах:

$$R_A = \sqrt{(R_A^\phi)^2 + (R_A^r)^2} = \sqrt{(-362.8)^2 + 1920^2} = 2236.6H$$

$$R_B = \sqrt{(R_B^\phi)^2 + (R_B^r)^2} = \sqrt{(60.4^2 + (-720)^2} = 722.5H$$

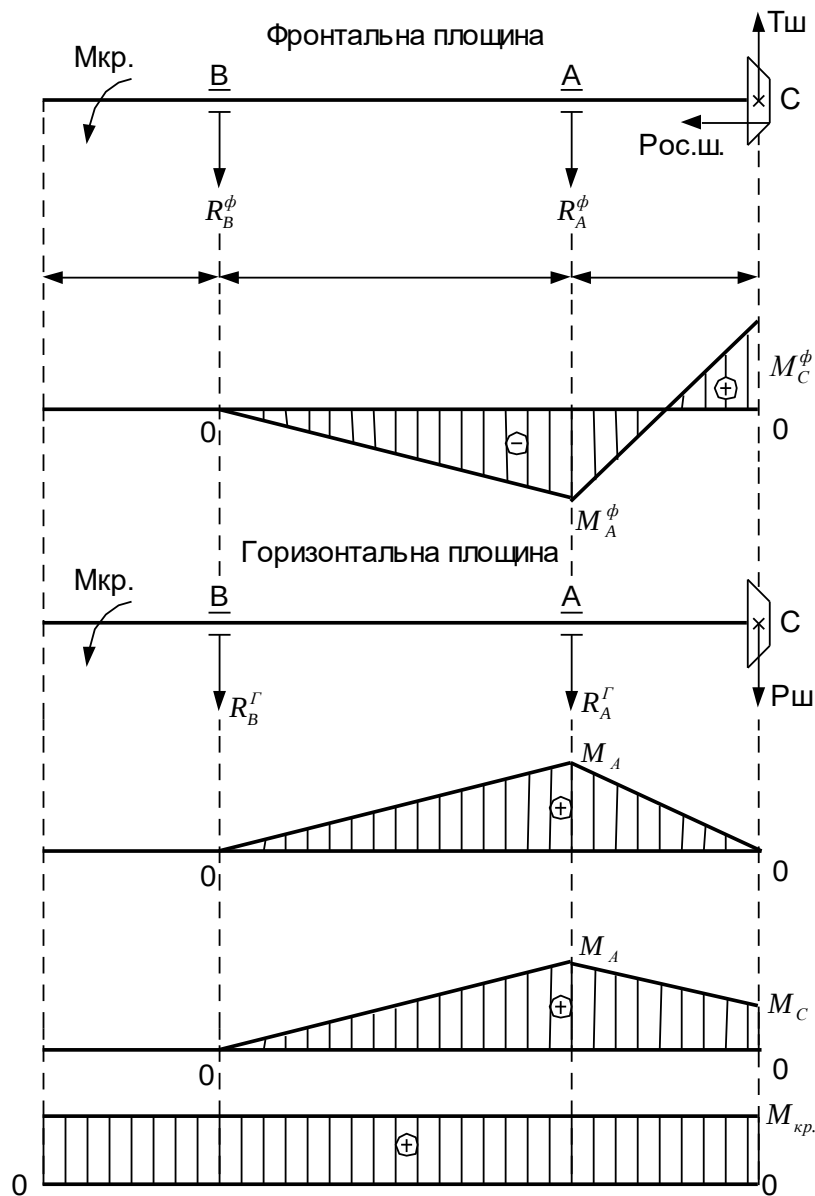


Рисунок 1.5 – Схема сил і реакцій, які діють на вал

Визначаємо згинаючий момент:

$$M_C^\phi = \frac{d_{cp.ш.}}{2} * P_{oc.ш.} = 0.04 * 302.4 = 12.1H$$

$$M_A^\phi = a * T_{ш.} - \frac{d_{cp.ш.}}{2} * P_{oc.ш.} = 0.06 * 302.4 - 0.04 * 302.4 = 60.5H$$

$$M_A^\Gamma = a * P_{oc.ш.} = 0.06 * 1200 = 72.0H$$

Як видно з рис.5 самий більший згинаючий момент буде в опорі А:

$$M_{зг.с.} = \sqrt{(M_A^\phi)^2 + (M_A^\Gamma)^2} = \sqrt{60.5^2 + 12.1^2} = 61.7H$$

$$M_{екв.} = \sqrt{M_{зг.с.}^2 + 0.75 * (\alpha * M_{кр.})^2}.$$

де $M_{екв.}$ – еквівалентний момент в перерізі вала, Н*м.

$M_{зг.с.}$ – згинаючий сумарний момент, Н*м.

α – коефіцієнт, який враховує характер зміни напруги, $\alpha = 1$.

$$M_{кр.} = 71620 * \frac{N}{n} \quad (1.28)$$

$M_{кр.}$ – крутний момент вала, Н*м.

$$M_{кр.} = 71620 * \frac{7}{1050} = 477,5H * м$$

$$M_{екв.} = \sqrt{61.7^2 + 0.75 * (1 * 477.5)^2} = 418H * м$$

Діаметр вала в небезпечному перерізі визначається по формулі:

$$d_с = \sqrt[3]{\frac{M_{екв.}}{0.1 * [G]_{зг.}}}, мм. \quad (1.29)$$

де $[G]_{зг.}$ – допустима напруга для матеріалу вала ,кг/см²;

$$[G]_{зг.} = \frac{\sigma_{-1}}{n}, кг / см^2 .$$

σ_{-1} - границя міцності при згині, $\sigma_{-1} = 4810 кг / см^2$.

n – запас міцності, $n = 1,4...1,5$ приймаємо $n = 1,5$.

$$[G]_{зг.} = \frac{4810}{1,5} = 3210 кг / см^2$$

$$d_с = \sqrt[3]{\frac{418}{0.1 * 3210}} = 1.14 мм$$

З урахування м сил розтягу які діють на вал по ГОСТ6636-53 приймаємо $d = 15 мм$.

Враховуючи що на підшипники діють радіальні і осьові навантаження, приймаємо радіально упорний підшипник. Їх коефіцієнт робото здатності буде:

$$C = Q * (n * h)^{0.3} \quad (1.30)$$

де Q – зусилля навантаження на підшипник, кг.

n – число обертів внутрішнього пальця підшипника за хв., $n = 1050 об / хв$.

h – довговічність роботи підшипника, $h = 2500_{200}$.

$$Q = (R_A * K_K + m + P_{OC}) * K_\delta * K_T, \quad (1.31)$$

де R_A – радіальне навантаження, $R_A = 2236.6H$.

P_{OC} – осьова сила яка діє на даний підшипник, Н.

n_1 – коефіцієнт переводу осьового навантаження в радіальне $n_1 = 1.5$.

K_δ – коефіцієнт враховуючий характер навантаження, $K_\delta = 1.2$.

K_T – температурний коефіцієнт, $K_T = 1.0$.

K_K – коефіцієнт враховуючий час обертання внутрішнього пальця підшипника на його довговічність.

$$P_{OC.} = P_{oc.ш.} + P_{oc.д} \quad (1.32)$$

$$Q = (2236.6 * 1 + 1.5 * 1.5 * 452.4) * 1.2 * 1 = 3498H$$

$$C = 349.8 * (1050 * 2500)^{0.3} = 29482H$$

Приймаємо підшипник кочення легкої серії №7202.

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування необхідності переобладнання розкидача РУМ-5

Одним із факторів, що знижують ефективність добрив, в даний час, являється недосконалість способів їх внесення. Біля 80% всіх способів застосування в світовому сільськогосподарському виробництві, добрива вносять в ґрунт з допомогою машин з розкидаючими робочими органами, в основному відцентрового типу. Розподіл добрив по поверхні ґрунту цими розкидаючими апаратами є незадовільним, з нерівномірністю від 25% до 50%, що знижує врожайність сільськогосподарських культур до 30% і більше. Крім цього вони сепарують суміш добрив на складові компоненти, не стабільно працюють у вітрову погоду. Пояснюється це кидаючим принципом їх роботи, оснований на вільному парінні неоднорідних часток в не стабільно діючому середовищі, що спричиняє опір.

Заслуговують увагу апарати які працюють по принципу пневмотранспорту висівного матеріалу до розкидаючих органів по індивідуальним каналам з додатковим їх розподіленням в зони внесення на необхідну ширину (1...1,5 м) захвату, а також можливість використання в комбінованих агрегатах, за рахунок фіксуючої ширини захвату.

2.2 Стан механізації поверхневого внесення мінеральних добрив

Всі різновиди робочих органів для поверхневого внесення мінеральних добрив можна розділити на дві основні групи: тукорозподільчі і тукорозкидаючі.

Через велику кількість випадкових факторів робота тукорозкидаючих апаратів характеризується великою нестабільністю, в результаті чого нерівномірність внесення мінеральних добрив, як правило перевищує 25%.

В зв'язку з цим, більш перспективними є тукорозподільчі апарати, в яких відмічені вище недоліки присутні в значно меншій степені. Потрібно відмітити, що тукорозподільчі апарати, працюючі по принципу тукових сівалок, важкі, громіздкі, металоємкі і потребують для завантаження спеціальних навантажувачів. Тому в світовій практиці, в даний час, розпочинають знаходити широке застосування

тукорозподільчі апарати штангового типу, які транспортують добрива з центральної ємності на ширину захвату по закритим каналам. Ці апарати менш складні ніж тукові сівалки. Вони володіють великою мобільністю і малою металоємкістю в зв'язку з чим більш детально розглянемо апарати саме цього типу. Класифікуючи штангові тукорозподільчі апарати по способу впливу на добрива, можна виділити три характерні їх групи: механічні, пневмомеханічні і пневматичні.

З механічних найбільш розповсюдженні шнекові з відкритою, замкнутою і тупиковою транспортними системами. Недоліком їх є наявність обертаючих деталей, що робить їх чутливими до вологості добрив, призводить до подрібнення останніх, при внесенні невеликих доз якості внесення помітно знижується. Розподіляють вони добре тільки пиловидні добрива. Перевагою їх є простота конструкції та обслуговування.

Значну цікавість виявляють вібраційні розподільчі пристрої, в яких мінеральні добрива розподіляються по ширині захвату вібраційним конвеєром, тобто каналом визначеної форми при коливному русі. Достоїнством їх є незначна енергоємність, мала металоємність і достатньо висока рівномірність (85%) розподілення мінеральних добрив по ширині захвата. Недоліком є необхідність встановлення великої кількості розпилювачів і обмеження їх маси.

Добре зарекомендували себе апарати, які працюють по принципу пневмотранспорту добрив до розпилюючих робочих органів. Робота таких апаратів базується на одному із двох принципів. В першому випадку добрива подаються в середину ротора, розганяються ним, висипаються в розташовані по периферії кожуха приймальні отвори транспортних каналів, по яким потрапляють на ґрунт. Ці апарати називаються пневмомеханічними. Недоліком їх є те, що при великій ширині захвату відбувається забивання каналів, має місце подрібнення добрив.

Найбільш прості і зручні пневматичні апарати. Принцип їх роботи відрізняється від пневмомеханічних, залежить він від відокремлення джерела повітря від механізму розподілу туків в загальний пневмопривід і розподілення потоку аеросуміші в пасивній ділильній головці у процесі пневмотранспортування із дозуванням і розподіленням туків по окремим трубопроводам.

З даного огляду літератури можна зробити висновок, що найбільш досконалим принципом роботи мають пристрої з механічним розподілом туків по окремим трубопроводам. В них рівномірність розподілу по патрубкам цілком залежить від застосованого механічного дозатора і не залежить від параметрів пневмомережі, що створює умови для високої надійності і рівномірності.

2.3 Опис удосконаленого розкидача мінеральних добрив

Проектована машина представляє собою машину для внесення мінеральних добрив РУМ-5, в яку замість відцентрового розкидаючого апарата вмонтований пневматичний розподільчий пристрій, а кузов захищений запобіжною сіткою.

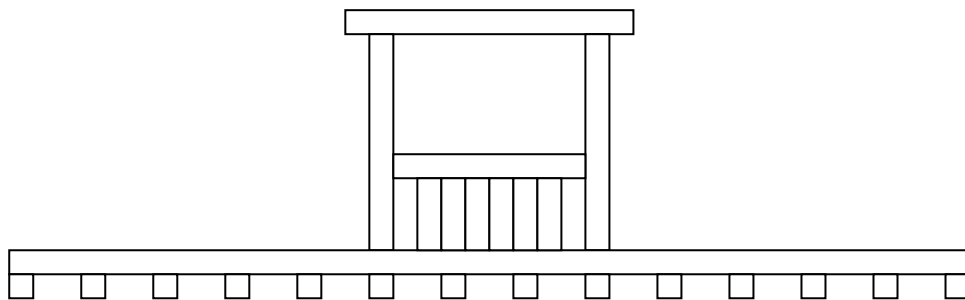


Рисунок 2.1 – Технологічна схема проектуєної машини

Пневматичний пристрій машини складається з двох вентиляторів високого тиску, пневмопроводів, пневморозподільників, живильника-розподільника, розподільних штанг і механізму привода вентиляторів високого тиску.

Живильник-розподільник призначений для прийняття добрив, поступаючих з конвеєра машини, ділення їх на рівні порції і направлення останніх до електронних горловин. Він складається з чотирнадцяти тукоспрямувачів.

Розподільчі штанги призначені для закріплення пневмотранспортуючих каналів з розпилювачами. Штанги закріплюються на рамі машини шарнірно з можливістю складатися у вертикальній площині з допомогою гідросистеми трактора.

Добрива подаються через дозуючий пристрій в живильник-ділильник, де діляться на порції по кількості розпилювачів, подаються до електронних горловин,

захоплюються повітряним потоком, який створюється вентилятором високого тиску, спрямовується в пневмотранспортні канали до пластинчастих розпилювачів, рівномірно розподіляються по ширині захвату.

2.4 Технологічні та конструктивні розрахунки розкидача РУМ-5

Технологічний розрахунок багатоканального пневматичного апарата. Вихідними даними для розрахунку багатоканального пневматичного апарату є: норма висіву, поступальна швидкість, тип добрив. В основі розрахунків лежить визначення параметрів вентилятора, головним з яких є потреба витрат повітря і тиску.

Максимальну продуктивність розподільника визначаємо за формулою:

$$W_{\max} = \frac{B \cdot H_{\max} \cdot V_{\max}}{10^4_H}, \quad (2.1)$$

де $H_{\max}$ – максимальна по агровимогам доза внесення мінеральних добрив, т/га. $H_{\max}=1.0$ т/га;

$V_{\max}$ – максимальна по агровимогам швидкість руху агрегату, м/с. $V_{\max}=2.77$ м/с;

B – ширина розкидача, м. $B=12$ м.

$$W = \frac{12 \cdot 1 \cdot 2.77}{10^4} = 0.0033 \text{ т/с.}$$

Діаметр каналу аеросуміші визначаємо по формулі:

$$d = \sqrt{\frac{4W_{\max} \cdot h}{\mu_{\max} \cdot \rho_n \cdot V_n \cdot \pi(B+h)}} \quad (2.2)$$

Кількість пластинчастих розпилювачів визначаємо по формулі:

$$K_p = \frac{\beta + h}{h}, \quad (2.3)$$

$$K_p = \frac{12+1}{1} = 13$$

Приймаємо парне значення $K_p = 14$. Загальну довжину каналів аеросуміші визначаємо по формулі:

$$L = \frac{(B+h)^2}{4 \cdot h}, \quad (2.4)$$

$$L = \frac{(12+1)^2}{4 \cdot 1} = 42.25 \text{ м}$$

Розрахунок приводу вентиляторів високого тиску. Кінематичний розрахунок приводу. Загальне передаточне відношення приводу визначаємо по формулі:

$$i_{np} = \frac{n_{B\Pi}}{n_o}, \quad (2.5)$$

де $n_{B\Pi}$ – номінальна частота обертів валу відбору потужності, хв^{-1} , $n_{B\Pi}=1000 \text{ хв}^{-1}$,

n_o – частота обертів валу вентилятору високого тиску, хв^{-1}

$$i_{np} = \frac{1000}{3100} = 0,322$$

Приймаємо передаточне відношення:

- циліндричного редуктора $i_c = 1$;
- конічного редуктора $i_k = 0,8$ (1,25);
- клинопасової передачі $i_{kp} = 0,4$ (2,5).

Розходження прийнятих і розрахункових значень передаточних чисел складе

$$\Delta i_{np} = \frac{0,322 - 0,8 \cdot 0,4}{0,322} \cdot 100\% = 0,6\%, \quad (2.6)$$

Вибір редукторів і валів карданних передач. Потужність приводу, який живить транспортер, рівна 4,2 кВт, вентиляторів – 6,4 кВт. По передаючій потужності на живильний транспортер, вибираємо циліндричний одноступеневий редуктор з трьома ведучими валами і передаючим відношенням, рівним одиниці РЦ03-100-1-680 від ТУ21-9-480-77.

Передаюча потужність вибраного редуктора 8 кВт. Потужність приводу одного вентиляторів – 3,2 кВт. По цій потужності приймаємо редуктор К091.10.000-213 ГОСТ 15150-69, передаюча потужність – 5 кВт, передаточне відношення – 0,8 (1,25). Карданні вали вибираємо по максимальному крутному моменту, який визначаємо по формулі:

$$M_{кр} = \frac{M_u}{\cos \gamma_{\max}}, \quad (2.7)$$

де $M_{\text{ц}}$ – крутний момент на валу циліндричного редуктора, Нм;

γ_{max} – кут між валами, $\gamma_{\text{max}} = 30$

Крутний момент на валу циліндричного редуктора визначаємо по формулі:

$$M_{\text{ц}} = \frac{M_{\text{в}}}{i_{\text{кр}} \cdot i_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{к.лр.}} \cdot \eta_{\text{к}}}, \quad (2.8)$$

де $M_{\text{в}}$ – момент на валу вентилятора, Нм;

$\eta_{\text{к.лр.}}$ – ККД клинопасової передачі;

$\eta_{\text{к.}}$ – ККД кінцевого редуктора.

Момент на валу вентилятора рівний:

$$M_{\text{в}} = 9550 \frac{3200}{3100} = 10.2 \text{ Нм}$$

Тоді:

$$M_{\text{ц}} = \frac{10.2}{0.4 \cdot 0.8 \cdot 0.92 \cdot 0.8} = 43.3 \text{ Нм}$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{43.3}{\cos 30} = 50.3 \text{ Нм}$$

Максимальне значення згинаючого моменту визначаємо по формулі:

$$M_{\text{max u}} = M_{\text{ц}} \cdot \sin \gamma_{\text{max}}, \quad (2.9)$$

$$M_{\text{max u}} = 43.3 \cdot \sin 30 = 21.6 \text{ Н·м}$$

При одночасній дії згину і кручення приведений момент по третій гіпотезі міцності рівний:

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M_{\text{кр. max}}^2 + M_{\text{max u}}^2}, \quad (2.10)$$

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{50.3^2 + 21.6^2} = 54.7 \text{ Н·м.}$$

По даним розрахунків вибираємо карданний вал ШПК-60-510/785 з номінальним крутним моментом 60Нм.

Розрахунок клинопасової передачі. Вибираємо переріз клинового паса попередньо визначавши кутову швидкість і номінальний обертаючий момент ведучого валу.

$$\omega_{\text{к}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{н}} \cdot i_{\text{кар}}}{30}, \quad (2.11)$$

$$\omega_{\kappa} = \frac{3,14 \cdot 3100 \cdot 0,4}{30} = 129,7 \text{ с}^{-1}.$$

$$M_{\kappa} = \frac{M_{\Pi}}{i_{\kappa p}}, \quad (2.12)$$

$$M_{\kappa} = \frac{10,2}{0,4} = 26 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При такому значенні обертаючого моменту рекомендується вибрати переріз Δ з площиною поперечного перерізу $F = 0,081 \text{ м}^2$.

Вибираємо діаметр D ведучого шківa. Для даних перерізу паса рекомендується мінімальний діаметр шківa $D_{\min} = 0,09 \text{ м}$. Приймаємо діаметр меншого, веденого шківa $D_2 = 0,1 \text{ м}$, тоді:

$$D_1 = \frac{D_2}{i_{\kappa p}} = \frac{0,1}{0,4} = 0,25 \text{ м}. \quad (2.13)$$

Уточнюємо передаточне відношення клинопасової передачі з розрахунком ковзання по формулі:

$$i_{\kappa p} = \frac{D_2}{D_1 \cdot (1 - \varepsilon)}, \quad (3.14)$$

де ε – коефіцієнт, який враховує ковзання клинопасової передачі, $\varepsilon = 0,015$.

$$i_{\kappa p} = \frac{0,1}{0,25 \cdot (1 - 0,015)} = 0,406$$

Розходження за прийнятим передаточним відношенням складе

$$\Delta i_{\kappa p} = \frac{0,406 - 0,400}{0,406} \cdot 100 = 1,4 \% ,$$

що допустимо.

Міжосьову відстань приймаємо в інтервалі:

$$Q_{W \min} = 0,55 \cdot (D_1 + D_2) + h, \quad (2.15)$$

$$Q_{W \max} = 2 \cdot (D_1 + D_2), \quad (2.16)$$

де h – висота паса, м, $h = 0,008 \text{ м}$.

$$Q_{W \min} = 0,55 \cdot (250 + 100) \cdot 10^{-3} + 0,008 = 0,202 \text{ м}.$$

$$Q_{W \max} = 2 \cdot (0,25 + 0,1) = 0,7 \text{ м}.$$

Враховуючи конструктивні відмінності, приймаємо $Q_W = 0,52 \text{ м}$.

Розрахункова довжина паса визначається по формулі:

$$L_p = 2 \cdot Q_w + \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 + D_1)^2}{4 \cdot Q_w}, \quad (2.17)$$

$$L_p = 2 \cdot 0,52 + \frac{3,14}{2} \cdot (0,250 + 0,1) + \frac{(0,25 + 0,1)^2}{4 \cdot 0,52} = 1,65 \text{ м.}$$

Ближча по стандарту довжина паса $L = 1,7$ м. Визначаємо нове значення міжосьової відстані по формулі:

$$a_w = 0,25 \cdot \left[L - \pi \cdot \frac{D_1 + D_2}{2} + \sqrt{\left(L - \pi \cdot \frac{D_1 + D_2}{2} \right)^2 - 2 \cdot (D_1 - D_2)^2} \right], \quad (2.18)$$

$$a_w = 0,25 \cdot \left[1,7 - 3,14 \cdot \frac{0,25 + 0,1}{2} + \sqrt{\left(1,7 - 3,14 \cdot \frac{0,25 + 0,1}{2} \right)^2 - 2 \cdot (0,25 - 0,1)^2} \right] = 0,55 \text{ м.}$$

При монтажі клинопасової передачі необхідно забезпечити можливість зменшення a_w на $0,01L$ для полегшення надівання пасів на шків; для збільшення натягу пасів необхідно передбачити можливість збільшення a_w на $0,025L$; в нашому випадку ці переміщення складуть: в меншу сторону $0,0055$ м, в більшу сторону – $0,013$ м. Кут обхвату меншого шківа визначається по формулі:

$$L_2 = 180 - 60 \cdot \frac{D_1 - D_2}{a_w}, \quad (2.19)$$

$$L_2 = 180 - 60 \cdot \frac{0,25 - 0,1}{0,55} = 153,8 \text{ }^\circ$$

Швидкість паса визначається по формулі:

$$v = 0,5 \cdot \frac{\pi \cdot n_{II}}{30} \cdot D_2, \quad (2.20)$$

$$v = 0,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 3100}{30} \cdot 0,1 = 16,2 \text{ м/с.}$$

По довідковим таблицям знаходимо величину кругового зусилля, передаючого одним клиновим пасом:

$$P_0 = 138 + \frac{138 - 115}{5} \cdot 1,2 = 143,5 \text{ Н.}$$

Допустиме кругове зусилля на один ремінь визначаємо по формулі:

$$[P] = P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_L \cdot C_p, \quad (2.21)$$

де C_α – коефіцієнт, який враховує кут обхвату меншого шківа, $C_\alpha = 0,91$;

C_L – коефіцієнт, який враховує довжину паса, $C_L = 1$;

C_p – коефіцієнт, який враховує режим роботи, $C_p = 1$.

$$[P] = 143,5 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 1 = 130,6 \text{ Н.}$$

Кругове зусилля на шківі веденого валу визначається по формулі:

$$P = \frac{N_{II}}{g}, \quad (2.22)$$

$$P = \frac{3,2 \cdot 10^3}{16,2} = 197,5 \text{ Н.}$$

Розрахункове число пасів визначається по формулі:

$$Z = \frac{P}{[P]}, \quad (3.23)$$

$$Z = \frac{197,5}{130,6} = 1,5$$

Приймаємо два паси А-1700Т ГОСТ 1284-68.

Розрахунок гідросистеми розкидача. Гідросистема розкидача складається з двох гідроциліндрів, гнучких і металевих маслопроводів. Діаметр циліндрів визначаємо по формулі:

$$D = 100 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot P \cdot \eta}}, \quad (2.24)$$

де P – зусилля, яке розвивається гідроциліндром, Н;

P – робочий тиск гідросистеми, Н/м². $P = 8 \cdot 10^6$ Н/м²

η – ККД гідроциліндра, $\eta = 0,85 \dots 0,9$

Зусилля, яке розвиває гідроциліндр, для переходу розкидаючої системи в транспортне положення визначаємо із виразу $P = 1,5P'$.

Зусилля P' визначаємо з умови рівності моментів:

$$P' = \frac{g \cdot 5 \cdot 2,5}{2 \cdot 0,3},$$

де g – рівнорозподілена сила від ваги штанги, $g = 184$ Н/м.

$$P' = \frac{184 \cdot 5 \cdot 2,5}{2 \cdot 0,3} = 3833 \text{ Н.}$$

$$P = 1,5 \cdot 3833 = 5749,5 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 5749,5}{3,14 \cdot 8 \cdot 10^6 \cdot 0,85}} = 0,032 \text{ м.}$$

Приймаємо гідроциліндр діаметром 0,036 м ДСШ–14.56.001.

Внутрішній діаметр маслопроводів визначаємо по формулі:

$$d = 2,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{Q}{g}}, \quad (2.25)$$

де Q – продуктивність гідравлічного насоса, л/хв. $Q = 80$ л/хв.

v – швидкість рідини, м/с. $v = 5$ м/с.

У відповідності з ГОСТ 8734-75 і розрахунковим діаметром вибираємо сталі труби з зовнішнім діаметром 0,012 м і товщиною стінки 0,001.

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

До роботи допускаються лише технічно справні машини і знаряддя, що повністю відповідають вимогам безпеки. Нові, відремонтовані, а також машини, що тривалий час не використовувались, допускаються до роботи лише після їх обкатки і ретельної перевірки всіх органів.

До роботи на агрегатах допускаються фізично здорові, навчені за спеціальною програмою і проінструктовані механізатори. Залежно від виду роботи, механізатори забезпечуються засобами захисту та спецодягом.

На місце роботи агрегатів не допускаються сторонні особи, які не мають відношення до технологічного процесу.

Механізовані роботи і рух агрегатів відповідають розробкам і затвердженим головним інженером господарства технологіям та маршрутам руху агрегатів.

При агрегуванні різної сільськогосподарської техніки з універсальними тракторами застосовуємо автоматичні зчіпні пристрої. Під час автоматичного щеплення машини на трактор не допускати перебування працюючих у небезпечній зоні.

Під час руху агрегату забороняється виконувати будь-які регулювання, усувати несправності, очищати робочі органи. Розрівнювати мінеральні добрива у ящиках дозволяється лише спеціальними дерев'яними лопатками.

Під час роботи з отрутохімікатами не дозволяти палити та приймати їжу. Для вживання їжі в польових умовах відводимо спеціальне місце на відстані 200 метрів від поля, обробленого отрутохімікатами. Слідкувати щоб перед вживанням їжі працівники знімали спецодяг, вимивали руки та обличчя чистою водою з милом, полоскали рот.

При роботі з мінеральними добривами ознайомлюємо працівників з їх основними властивостями, можливим впливом на організм людини та з індивідуальним захистом. Під час завантаження сухих мінеральних добрив необхідно стояти з навітряного боку, надівши респіратор.

Перед початком збиральних робіт проводимо інструктаж з охорони праці, проінформовуємо робітників про існуючі небезпечні фактори і можливі наслідки в разі недотримання відповідних правил безпеки.

Розмічаємо поля на загінки відповідно до операційної карти та складаємо план поля.

Відпочивати на полі дозволяється в спеціально відведеному і відповідно позначеному місці.

Усунення несправностей, заміна ножів, ланцюгів, пасів, операції технічного обслуговування виконувати тільки при зупиненому двигуні. Запускати двигун методом буксирування або скочування з гори забороняється. Видаляти масу при забиванні робочих органів можна лише за допомогою спеціальних пристроїв із дотриманням інших вимог безпеки.

Не дозволяється керувати транспортним засобом особам, які не закріплені за даною машиною наказом по господарству. У загінці механізатор повинен стежити за роботою робочих органів.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Розраховуємо економічну ефективність удосконалення розкидача мінеральних добрив РУМ-5, суть якого зводиться до встановлення на серійний розкидач вентилятора і спеціальних пристроїв внесення мінеральних добрив. Згідно даних, це дозволить підвищити врожайність картоплі на 3%.

За базовий агрегат приймаємо агрегат, який включає трактор МТЗ-82 і серійний розкидач МБУ-5. Новий варіант включає трактор МТЗ-82 в агрегаті з удосконаленим розкидачем РУМ-5. Базовий і новий агрегат має однакову продуктивність рівну 6,0 га/год. Витрати палива у базового і нового варіанту становлять 4,0 кг/га. Ціна розкидача мінеральних добрив РУМ-5 становить – 27550 грн. Нормативне річне завантаження – 210 год. Відрахування на: реновацію – 20 %, поточний ремонт і технічне обслуговування – 12%.

Ціна трактора МТЗ-82 становить – 70620 грн. Нормативне річне завантаження – 1600 год. Відрахування на: реновацію – 10%, капітальний ремонт – 5 %, поточний ремонт і технічне обслуговування – 12,7 %.

Удосконалення розкидача мінеральних добрив РУМ-5 призведе до зростання його вартості. При визначенні ціни удосконаленого розкидача мінеральних добрив приймемо до уваги наступне. Запропонований розкидач в конструктивному плані і за складністю виготовлення аналогічно серійному розкидачу маса якого становить 1820 кг. Маса удосконалення (вентилятор, механізм внесення мінеральних добрив) становить 285 кг (див. графічну частину проекту). Тоді, ціна удосконалення буде становити

$$\frac{27550}{1820} 285 = 4314 \text{ грн.}, \text{ а вартість удосконаленого розкидача}$$

$$B_{\text{н}} = 27550 + 4314 = 31864 \text{ грн.}$$

Базовий і новий агрегат обслуговує тракторист. Оплату праці механізатору здійснюють по V розряду тарифної сітки.

Затрати праці на виконання операції визначаються за формулою:

$$Z_{\text{п}} = \frac{m}{W_{\text{г.ек}}} \quad (4.1)$$

де m – кількість обслуговуючого персоналу.

Затрати праці при внесенні добрив базовим і новим агрегатом становлять

$$(Z_{\text{п}})^{\text{н}} = (Z_{\text{п}})^{\text{б}} = \frac{1}{1,94} = 0,51 \text{ люд.-год/га}$$

Питомі, прямі експлуатаційні витрати $C_{\text{пит}}$ грн./га, на виконання механізованих робіт визначається за формулою:

$$C_{\text{пит}} = C_{\text{оп}} + C_{\text{пмм}} + C_{\text{ра}} + C_{\text{кто}} \quad (4.2)$$

де $C_{оп}$ – питомі прямі експлуатаційні витрати грошових коштів на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн./га;

$C_{пмм}$ – вартість витрачених паливо-мастильних матеріалів, грн./га;

$C_{ра}$ – відрахування на реновацію (повне відновлення) складових елементів машинно-тракторного агрегату в цілому грн./га;

$C_{кто}$ – відрахування на капітальний і поточний ремонт та технічне обслуговування по всіх складових елементах машинно-тракторного агрегату;

Оплата праці обслуговуючого персоналу визначається за формулою:

$$C_{оп} = \frac{k(m_m f + m_d f_d)}{H} \quad (4.3)$$

де f і f_d – оплата праці механізатора і допоміжного працівника за змінну норму виробітку, грн. ($f = 10,14$ грн., $f_d = 6,06$);

k – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату $k_n = 1,375$;

m_m і m_d кількість механізаторів і допоміжних працівників, які обслуговують агрегат;

H – змінна норма виробітку, га.

$$C_{оп} = \frac{1,375(1 \cdot 10,14 + 0)}{30,6} = 0,45 \text{ грн./га}$$

Вартість витрачених паливо мастильних матеріалів можна визначити за формулою:

$$C_{пмм} = \Pi_k \cdot g_{га} \quad (4.4)$$

де Π_k – комплексна ціна одного кілограма палива з урахуванням основного палива, пускового бензину і мастил $\Pi_k = 1,8$ грн./л;

$g_{га}$ – витрата палива кг/га;

Звідси вартість витрачених ПММ становить:

для базового та нового агрегату:

$$C_{ПММ}^6 = 4 \cdot 1,8 = 7,2 \text{ грн./га};$$

Відрахування на реновацію машини в агрегаті $C_{ра}$ грн./га визначається так:

$$C_{ра} = \frac{\alpha_{рт} \cdot B_T}{100 \cdot W \cdot t_T} + \frac{\alpha_{рм} \cdot B_M}{100 \cdot W \cdot t_M} \quad (4.5)$$

де $\alpha_{рт}$ і $\alpha_{рм}$ – норма річних відрахувань на реновацію від балансової вартості відповідно трактора і машини %;

B_T і B_M – балансова вартість відповідно трактора і машини, грн.;

W – продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу, га;

t_T і t_M – нормативне річне завантаження відповідно трактора і розкидача, год.

Тоді, відрахування на реновацію складають для базового і нового агрегату:

$$(C_{pa})^6 = \frac{10 \cdot 70620}{100 \cdot 6.0 \cdot 1600} + \frac{20.0 \cdot 27550}{100 \cdot 6.0 \cdot 210} = 5,11 \text{ грн./га}$$

$$(C_{pa})^H = \frac{10 \cdot 70620}{100 \cdot 6.0 \cdot 1600} + \frac{20,0 \cdot 31864}{100 \cdot 6.0 \cdot 210} = 5,79 \text{ грн./га}$$

Відрахування на капітальний і поточний ремонт, а також технічне обслуговування, $C_{кто}$ грн./га обчислюється за формулою:

$$C_{кто} = \frac{\alpha_{кт} \cdot B_T}{100 \cdot W \cdot t_T} + \frac{1}{100 \cdot W} \cdot \left(\frac{\alpha_T \cdot B_T}{t_{HT}} + \frac{\alpha_M \cdot B_M}{t_M} \right) \quad (4.6)$$

де $\alpha_{кт}$ – норма річних відрахувань на капітальний ремонт трактора, %;

α_T і α_M – норма річних відрахувань на поточний ремонт від балансової вартості відповідно трактора і робочої машини, %;

Відрахування на капітальний і поточний ремонт і технічне обслуговування по базовій технології становить:

$$(C_{кто})^6 = \frac{5 \cdot 70620}{100 \cdot 6.0 \cdot 1600} + \frac{1}{100 \cdot 6.0} \cdot \left(\frac{12,7 \cdot 70620}{1600} + \frac{12 \cdot 27550}{210} \right) = 3,93 \text{ грн./га}$$

$$(C_{кто})^H = \frac{5 \cdot 70620}{100 \cdot 6.0 \cdot 1600} + \frac{1}{100 \cdot 6.0} \cdot \left(\frac{12,7 \cdot 70620}{1600} + \frac{12 \cdot 31864}{210} \right) = 4,34 \text{ грн./га}$$

Таким чином, питомі прямі експлуатаційні витрати для базового агрегату становлять:

$$(C_{пит})^6 = 0,45 + 7,2 + 5,11 + 3,93 = 16,59 \text{ грн./га.}$$

Для нового агрегату прямі експлуатаційні витрати становлять:

$$(C_{пит})^H = 0,45 + 7,2 + 5,79 + 4,34 = 17,78 \text{ грн./га}$$

Як видно з результатів розрахунків модернізація розкидача мінеральних добрив РУМ-5 призводить до зростання питомих експлуатаційних витрат на 1,19 гривень. Однак, встановлення на розкидач запропонованих пристроїв підвищить урожайність картоплі (за рахунок рівномірності внесення добрив) на 1%.

При закупівельній ціні картоплі рівній 0,3 грн./кг, запровадження модернізованого розкидача за рахунок рівномірності внесення добрив дасть змогу одержати додаткову продукцію, яка в грошовому еквіваленті буде мати наступну величину:

$$D_{п} = П_{н} \cdot Ц_{н},$$

де $П_{н}$ – підвищення врожайності за рахунок модернізації, ц;

$У_p$ – урожайність картоплі, кг/га.

$$П_{н} = У_p + 1\%,$$

$$П_{н} = 18000 \cdot 0,01 = 180 \text{ кг/га}$$

$Ц_{н}$ – закупівельна ціна картоплі, грн./кг.

$$D_{п} = 180 \cdot 0,3 = 54 \text{ грн./га.}$$

Таким чином, запровадження модернізованого розкидача дасть змогу одержати економічний ефект від додатково одержаної продукції в сумі 216 грн/га. Річний економічний ефект від експлуатації модернізованого розкидача визначимо за формулою:

$$E_{p.эф} = [(C_{пит})^6 - (C_{пит})^H + D_{п}] \cdot F,$$

де F – площа поля, на якій буде використаний розкидач протягом року, га.

F= 80 га, тоді

$$E_{p.эф} = (16,59 - 17,78 + 54) \cdot 80 = 4225 \text{ грн.}$$

Строк окупності затрат на модернізацію визначимо за формулою:

$$O = \frac{B_M^H - B_M^6}{E_{p.эф}} = \frac{31864 - 27550}{4225} \approx 1,02 \text{ року.}$$

Результати розрахунків економічної ефективності зведемо в таблицю.

Таблиця 4.1 – Економічна ефективність проекту

Найменування показника	Базова	Нова	Відхилення я +, –
Продуктивність, га/год	6,0	6,0	
Затрати праці, люд-год/га	0,51	0,51	
Прямі питомі експлуатаційні витрати, грн./га	16,59	17,78	+ 1,19
в тому числі:			
витрати на ПММ, грн./га	7,20	7,2	
відрахування на реновацію грн./га	5,11	5,79	+ 0,68
витрати на ремонт, грн./га	3,93	4,34	+ 0,41
Витрати на модернізацію, грн		4314	
Річний економічний ефект, грн		4225	
Строк окупності витрат, років		1,02	

Результати розрахунків економічної ефективності показують, що обладнання розкидача мінеральних добрив РУМ-5 вентилятором і пристроями для внесення добрив дозволить за рахунок рівномірності внесення мінеральних добрив одержати підвищення врожайності картоплі і отримати річний економічний ефект, який становить 4225 грн. Термін окупності витрат на удосконалення розкидача становить 1,02 роки.

ВИСНОВОК

Переорієнтація економічної політики України на ведення ринкових відносин і розвиток різних форм власності в усіх галузях народного господарства неминуче зумовили зміни в структурі технології виробництва сільськогосподарської продукції, ремонту і обслуговування сільськогосподарської техніки .

Тому для суттєвого підвищення рівня є виконання наступної умови: підвищення культури землеробства, якісного виконання операцій дотримання агро вимог.

В даному дипломному проекті було розглянуто питання і вирішено задачі:

- дана агротехніка вирощування картоплі
- обґрунтовано набір машин для вирощування картоплі
- обґрунтовано необхідність переобладнання машини МВУ-5
- розглянуто стан механізації поверхневого внесення мінеральних добрив
- розглянуто актуальність проектуємої машини
- проведено розрахунок на міцність проектуємих деталей
- дана операційна технологія внесення мінеральних добрив
- розраховано економічну ефективність проекту
- розглянуто питання з охорони праці та дані рекомендації по поліпшенню умов праці при внесенні мінеральних добрив.

Список використаних джерел

1. Справочник механизатора /И.В.Горбачев , Б.С.Окнин ,В.М.Халанский и др.; Под ред. А.Н.Карпенко , 3-е изд. Перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1985 - 32 с.
2. Типові норми витрат палива і виробітку на механізовані польові роботи Держагропром УРСР-К.: Урожай, 1991.- 472с.
3. Типові норми виробітку і витрати палива на тракторно-транспортні роботи у сільському господарстві (Держагропром УРСР;Центр. норм. досл. ст. з праці Держагропрому УРСР-Л.: Урожай. 1987-416с.
5. Науково-технічні, економічні та екологічні основи механізації процесів підвищення родючості ґрунту: Тези допов. респ. наук.-техн. конф. Глеваха. 12-15 листопада 1991р. Київ,1991.
6. Ільченко В.Ю., Карасьов П.І., Лімант А.С. "Експлуатація машинотракторного парку в аграрному виробництві" Київ. "Урожай" 1993-275с.
7. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини.-5-те вид., перероб.-К: Урожай, 1988.-384с.
8. Довідник з охорони праці в сільському господарстві (запитання і відповіді) / С. Д. Лахман, В. П. Целинський С. М. Козирєв та ін. ; За ред. С. Д. Лахмана. -К.: Урожай, 1990. - 400с.
9. Довідник по регулюванню сільськогосподарських машин / В. І. Ко-чев, А. С. Кушнар'ов, В. Д. Роговий та ін.; За ред. В. І. Кочева. - К.: Урожай, 1993.-264с.
10. Практикум з технологічної наладки та усунення несправностей сільськогосподарських машин / Г. Р. Гаврилюк, Г. І. Живолуп, П. С. Короткевич та ін.; За ред. Г. Р. Гаврилюка. - К.: Урожай, 1995.- 280с.
11. Довідник сільського інженера /Гречкосій В.Д., Погорілець О.М., Ревенко І.І. та ін.; за ред. Гречкосія В.Д.-К: Урожай, 1991.-400с.
12. Довідник з експлуатації машинно-тракторного парку / Ільченко В. Ю., Карасьов П. І., Лімонт А. С. та ін. - К.: Урожай, 1987.- 336с.